

Docket No.: 50395-253

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of : Customer Number: 20277  
: :  
Masashi ONISHI, et al. : Confirmation Number:  
: :  
Serial No.: : Group Art Unit:  
  
Filed: February 19, 2004 : Examiner: Unknown  
: :  
For: GLASS-PROCESSING METHOD AND GLASS-PROCESSING APPARATUS FOR THE  
METHOD

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

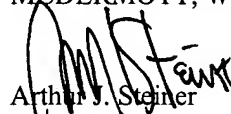
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2003-056149, filed March 3, 2003**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: February 19, 2004**

50395-253

ONISHI, et al.

February 19, 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 3月 3日

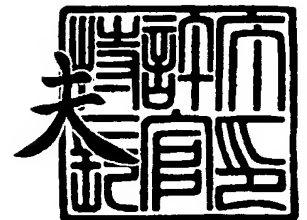
出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-056149  
[ST. 10/C]: [JP2003-056149]

出 願 人  
Applicant(s): 住友電気工業株式会社

2003年10月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2003-3083752

【書類名】 特許願

【整理番号】 103Y0032

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F23C 11/00303

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 大西 正志

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 平野 正晃

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 中西 哲也

【特許出願人】

    【識別番号】 000002130

    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100099195

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 宮越 典明

【選任した代理人】

    【識別番号】 100116182

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 内藤 照雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030889

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0203456

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマトーチ、ガラス加工方法及びガラス加工装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ガスを吹き出す範囲を調節可能な複数のポートからなるマルチポートを備えたトーチ本体と、

前記ポートに導入された前記ガスに対して高周波を印加する高周波印加手段とを備え、

前記マルチポートから発生させるプラズマ火炎の大きさを調節可能であることを特徴とするプラズマトーチ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のプラズマトーチにおいて、

前記マルチポートは、前記ガスを吹き出す範囲を 2 ～ 6 段階で調節し得る数の前記ポートを有することを特徴とするプラズマトーチ。

【請求項 3】 プラズマ火炎を発生させるプラズマトーチを用いてガラス体を加熱し、所望の加工を行うガラス加工方法であって、

前記ガラス体の大きさに応じて前記プラズマ火炎の大きさを調節し、所望の大きさの加熱領域を形成して、前記ガラス体の加工を行うことを特徴とするガラス加工方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載のガラス加工方法において、

前記ガラス体であるガラスパイプ内に、ガラス微粒子を生成するための原料ガスを導入し、

前記プラズマトーチから前記ガラスパイプに向けて、大きさを調節した前記プラズマ火炎を発生させるとともに、前記プラズマトーチを前記ガラスパイプの長手方向にトラバースさせて、

前記ガラスパイプの内側に前記ガラス微粒子を堆積させることを特徴とするガラス加工方法。

【請求項 5】 請求項 4 に記載のガラス加工方法において、

前記ガラス微粒子を堆積させた後、

前記プラズマ火炎の大きさを再度調節して、前記ガラスパイプを加熱して中実化することを特徴とするガラス加工方法。

【請求項 6】 請求項 3～5 の何れか 1 項に記載のガラス加工方法において

、  
前記プラズマトーチに導入するガスとして、アルゴン、酸素、空気のうちの少なくとも一種類を用いることを特徴とするガラス加工方法。

【請求項 7】 請求項 3～6 の何れか 1 項に記載のガラス加工方法において

、  
前記プラズマトーチは、ガスを吹き出す範囲を調節可能な複数のポートからなるマルチポートを備えたトーチ本体を有し、

前記トーチ本体の各ポート毎に、互いに異なる種類のガスを導入することを特徴とするガラス加工方法。

【請求項 8】 請求項 3～7 の何れか 1 項に記載のガラス加工方法において

、  
前記プラズマトーチの前記ポートから吹き出すガスが乾燥ガスであることを特徴とするガラス加工方法。

【請求項 9】 請求項 3～8 の何れか 1 項に記載のガラス加工方法において

、  
前記ガラス体の温度分布を計測し、前記温度分布に基づいて、前記プラズマトーチの各ポートへ導入するガス流量、前記ポートへ導入されたガスに対して印加する高周波の周波数、前記高周波のエネルギー、前記プラズマトーチと前記ガラス体との間の距離のうち、少なくとも一つを制御して、前記温度分布を調節することを特徴とするガラス加工方法。

【請求項 10】 プラズマ火炎を発生させるプラズマトーチを用いてガラス体を加熱し、所望の加工を行うガラス加工装置であって、

前記プラズマトーチは、ガスを吹き出す範囲を調節可能な複数のポートからなるマルチポートを備えたトーチ本体と、

前記ポートに導入された前記ガスに対して高周波を印加する高周波印加手段とを備え、

前記トーチ本体の各前記ポートへ導入する前記ガスの流量をそれぞれ調整することの可能な流量調整手段が設けられていることを特徴とするガラス加工装置。

**【請求項 11】** 請求項 10 に記載のガラス加工装置において、  
前記ガラス体に対する前記プラズマトーチの位置を、少なくとも前記ガラス体との距離方向へ移動させる可動手段を備えていることを特徴とするガラス加工装置。

**【請求項 12】** 請求項 11 に記載のガラス加工装置において、  
前記ガラス体の温度分布を計測する温度分布計測手段と、  
前記温度分布計測手段によって計測された前記温度分布に基づいて、前記高周波印加手段、前記流量調整手段もしくは前記可動手段のうちの少なくとも一つを制御して、前記温度分布を調節する制御手段とを備えていることを特徴とするガラス加工装置。

**【発明の詳細な説明】**

**【0001】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、光ファイバ母材などのガラス体の製造過程で加熱手段として用いることのできるプラズマトーチ、ガラス体の熱加工を行うガラス加工方法及びガラス加工装置に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】**

光ファイバ母材などのガラス体の製造過程においては、例えばMCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) 法による光ファイバ母材の製造工程、ロッドインコーパス法による光ファイバ母材の製造工程、ガラスロッド等にダミーロッドを接続する工程、ガラスロッドやガラスパイプの延伸工程など、ガラス体を加熱して加工する工程が多く含まれている。

**【0003】**

従来、このようなガラス体の加熱加工用の熱源としては、水素 ( $H_2$ ) と酸素 ( $O_2$ ) の混合ガスや、プロパン ( $C_3H_8$ ) と酸素の混合ガスなどを用いたバーナが使用されてきた。しかし、これらの熱源を用いた場合には、加工するガラス体の表面から水素や水酸基 ( $OH$ ) などが侵入して、ガラス体の内部に拡散し、このガラス体から得られた光ファイバの伝送損失を劣化させてしまうことがあ

った。

#### 【0004】

近年、大容量伝送が要求される光ファイバでは、コア屈折率分布が複雑となり、コア領域が広いため、製造コストを考慮して大型の光ファイバ母材を作製する場合には、MCVD法を用いた長時間の出発ガラスパイプ内へのガラス微粒子の堆積が求められている。

#### 【0005】

この場合、上記の酸水素を用いるバーナでは、長時間の加熱により出発ガラスパイプの表面から水素や水酸基が侵入して拡散しやすく、これが伝送損失を劣化させる要因となっていた。そのため、ガラス微粒子の堆積時間をできる限り短縮するか、もしくは使用する出発ガラスパイプの肉厚を厚くして、水素や水酸基をコア領域まで拡散させないようにするなどの手法が取られていた。このような手法を用いた場合、前者の手法では光ファイバ母材の大型化が制限されてしまい、後者の手法では出発ガラスパイプ内部への熱伝導が阻害されるために、ガラス微粒子の生成や堆積の効率が低下してしまう。

#### 【0006】

このような状況から、水素を使用しない熱源としてプラズマトーチが提案されている。プラズマトーチでは、高周波電流を流したコイルの中心部に、例えば、石英ガラスなどで作られた管状のトーチ本体が挿入され、このトーチ本体にアルゴンや空気などを導入してトーチ本体の大きさに応じたプラズマ火炎を発生させることができる。

また、MCVD工程において、従来の酸水素を用いるバーナを、前述のような水素を用いないプラズマトーチに置き換えることによって、水素や水酸基等の不純物の少ない光ファイバ製品が得られる光ファイバプリフォームの作製方法が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

#### 【0007】

このような水素を用いないプラズマトーチを用いることにより、従来の酸水素を用いるバーナを使用する場合に比べて、ガラス体への水素や水酸基等の不純物の侵入は大幅に抑制される。



## 【 0 0 0 8 】

## 【特許文献 1】

特許第 2 8 1 8 7 3 5 号公報

## 【 0 0 0 9 】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、MCVD 工程においては、出発ガラスパイプの内側にガラス微粒子を堆積（デポレート）させる堆積速度に影響を与える要因は、加熱した出発ガラスパイプの温度分布に起因する熱泳動（サーモホレシス）効果が主要因である。そして、この堆積速度を向上させるためには、ガラス微粒子の生成効率の向上と熱泳動効果の促進とを図るための最適な加熱領域を形成することが重要である。

しかしながら、上述したプラズマトーチは、水素や水酸基等の不純物がガラス体へ侵入することを抑制できるが、発生させるプラズマ火炎の強さを、全体的なガスの流量の調節とコイルから印加する高周波の調節とによって行うのみであり、ガラス体の温度分布を調節して最適な加熱領域を形成することが困難であった。

## 【 0 0 1 0 】

また、MCVD 法以外のガラス加工方法においても、水素や水酸基の侵入を防ぎつつ、最適な加熱領域を形成して良好な熱加工を行うことが要求されている。

## 【 0 0 1 1 】

本発明は、加工するガラス体に対する最適な加熱領域の形成を図り、ガラス体を良好に加工することが可能なプラズマトーチ、ガラス加工方法及びガラス加工装置を提供することを目的としている。

## 【 0 0 1 2 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための本発明に係るプラズマトーチは、ガスを吹き出す範囲を調節可能な複数のポートからなるマルチポートを備えたトーチ本体と、ポートに導入されたガスに対して高周波を印加する高周波印加手段とを備え、マルチポートから発生させるプラズマ火炎の大きさを調節可能であることを特徴としている。

## 【0013】

また、上記のプラズマトーチにおいて、マルチポートは、ガスを吹き出す範囲を2～6段階で調節し得る数のポートを有することが好ましい。

## 【0014】

また、上記目的を達成するための本発明に係るガラス加工方法は、プラズマ火炎を発生させるプラズマトーチを用いてガラス体を加熱し、所望の加工を行うガラス加工方法であって、ガラス体の大きさに応じてプラズマ火炎の大きさを調節し、所望の大きさの加熱領域を形成して、ガラス体の加工を行うことを特徴としている。

## 【0015】

また、上記のガラス加工方法において、ガラス体であるガラスパイプ内に、ガラス微粒子を生成するための原料ガスを導入し、プラズマトーチからガラスパイプに向けて、大きさを調整したプラズマ火炎を発生させるとともに、プラズマトーチをガラスパイプの長手方向にトラバースさせて、ガラスパイプの内側にガラス微粒子を堆積させることが好ましい。

## 【0016】

また、上記のガラス加工方法において、ガラス微粒子を堆積させた後、プラズマ火炎の大きさを再度調節して、ガラスパイプを加熱して中実化することが好ましい。

## 【0017】

また、上記のガラス加工方法において、プラズマトーチに導入するガスとして、アルゴン、酸素、空気のうちの少なくとも一種類を用いることが好ましい。

## 【0018】

また、上記のガラス加工方法において、プラズマトーチは、ガスを吹き出す範囲を調節可能な複数のポートからなるマルチポートを備えたトーチ本体を有し、トーチ本体の各ポート毎に、互いに異なる種類のガスを導入することが好ましい。

## 【0019】

また、上記のガラス加工方法において、プラズマトーチのポートから吹き出す

④  
ガスが乾燥ガスであることが好ましい。

【0020】

また、上記のガラス加工方法において、ガラス体の温度分布を計測し、温度分布に基づいて、プラズマトーチの各ポートへ導入するガス流量、ポートへ導入されたガスに対して印加する高周波の周波数、高周波のエネルギー、プラズマトーチとガラス体との間の距離のうち、少なくとも一つを制御して、温度分布を調節することが好ましい。

【0021】

また、上記目的を達成するための本発明に係るガラス加工装置は、プラズマ火炎を発生させるプラズマトーチを用いてガラス体を加熱し、所望の加工を行うガラス加工装置であって、プラズマトーチは、ガスを吹き出す範囲を調節可能な複数のポートからなるマルチポートを備えたトーチ本体と、ポートに導入されたガスに対して高周波を印加する高周波印加手段とを備え、トーチ本体の各ポートへ導入するガスの流量をそれぞれ調整することの可能な流量調整手段が設けられていることを特徴としている。

【0022】

また、上記のガラス加工装置において、ガラス体に対するプラズマトーチの位置を、少なくともガラス体との距離方向へ移動させる可動手段を備えていることが好ましい。

【0023】

また、上記のガラス加工装置において、ガラス体の温度分布を計測する温度分布計測手段と、温度分布計測手段によって計測された温度分布に基づいて、高周波印加手段、流量調整手段もしくは可動手段のうちの少なくとも一つを制御して、温度分布を所望の値に制御する制御手段とを備えていることが好ましい。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るプラズマトーチ、ガラス加工方法及びガラス加工装置の実施の形態の例を図面を参照して説明する。

本実施形態のプラズマトーチは、ガスを吹き出す範囲を調節可能なマルチポー

トを備え、このマルチポートを構成する各ポートに導入するガスの流量を調節することにより、プラズマ火炎の大きさを調節可能であることを特徴としている。

また、本実施形態のガラス加工方法は、本実施形態のプラズマトーチを用いて、ガラス体に対する加熱領域を所望の大きさに形成して、ガラス体の熱加工を行うことを特徴としている。

また、本実施形態のガラス加工装置は、本実施形態のプラズマトーチに加えて、このプラズマトーチのマルチポートに導入するガスの流量を調整する流量調整手段が設けられていることを特徴としている。

#### 【0025】

まず、本実施形態のプラズマトーチについて説明する。

図1は、本実施形態のプラズマトーチを示す概略構成図であり、図2は、図1に示したトーチ本体の概略正面図である。

図1に示すように、プラズマトーチ10は、複数のポートP1、P2、P3、P4が形成されたトーチ本体5と、トーチ本体5の周囲に配設されたコイル7を有する高周波印加手段8とを備えている。

#### 【0026】

図1及び図2に示すように、トーチ本体5は、径の異なる複数の円筒状のパイプ1、2、3、4を同心円状に配設した多重管構造である。

そして、トーチ本体5は、中心のパイプ1の貫通孔及びパイプ1、2、3、4同士の隙間が、それぞれポートP1、P2、P3、P4として形成されている。トーチ本体5は、これらのポートP1、P2、P3、P4によって、マルチポートが構成されている。

トーチ本体5には、その外周にコイル7が設けられ、このコイル7には、高周波の電源6が接続されている。コイル7及び電源6により、トーチ本体5に高周波を印加する高周波印加手段8が構成されている。電源6によって流す高周波電流の周波数は、例えば13.56MHzを用いると良い。

#### 【0027】

このトーチ本体5の後端側には、それぞれポートP1、P2、P3、P4に連通する供給管（図示せず）が接続されており、これら供給管から各ポートP1、

④ P 2, P 3, P 4 に、アルゴン、酸素あるいは空気の中の少なくとも 1 種類のガスが導入される。

なお、1 つのポートに対して、アルゴン、酸素あるいは空気のうち任意の気体を選択的に混合して用いても良い。

#### 【0028】

そして、このプラズマトーチ 10 は、供給管から各ポート P 1, P 2, P 3, P 4 へガスが導入され、電源 6 からコイル 7 に高周波電流が印加される。これにより、トーチ本体 5 には、高周波の電界が発生し、各ポート P 1, P 2, P 3, P 4 に導入されたガスに対して高周波が印加される。そして、トーチ本体 5 に導入されたガスがプラズマ化して各ポート P 1, P 2, P 3, P 4 から吹き出し、プラズマ火炎 F が発生する。

#### 【0029】

ここで、上記のプラズマトーチ 10 は、マルチポートを構成する複数のポート P 1, P 2, P 3, P 4 を備えているため、各ポート P 1, P 2, P 3, P 4 へのガスの導入の有無や導入量を調節して、トーチ本体 5 からガスの吹き出す範囲を調節することができる。例えば、最も小さいプラズマ火炎を発生させる場合には、中心のポート P 1 のみにガスを導入し、ポート P 1 のみからプラズマ火炎を発生させるようにすれば良い。

#### 【0030】

このように、本実施形態のプラズマトーチ 10 は、発生するプラズマ火炎 F の大きさを容易に調節することができ、加熱対象物や加熱条件に合わせた適切な大きさの加熱領域を形成することができる。そして、図 1 に示すように、例えば長尺状のガラス体 G を加熱する場合、そのガラス体 G の径の大きさと、要求される長手方向の加熱長さに応じて、各ポート P 1, P 2, P 3, P 4 へのガスの導入の有無を調節して、最適な大きさのプラズマ火炎 F を発生させて所望の加熱領域を形成し、良好なガラス加工を行うことができる。

#### 【0031】

また、図 1 に示した実施形態の例では、トーチ本体 5 に導入されたガスに高周波を印加する高周波印加手段 8 として、電源 6 からコイル 7 に高周波電流を流す

構成としたが、他の態様も適用可能である。

#### 【0032】

図3は、コイルに代えて共振器が設けられた高周波印加手段を備えたプラズマトーチを示す概略構成図である。

図3に示すように、このプラズマトーチ10aは、トーチ本体5の外周に、環状（図中は環状の半分のみを示す）の共振器7aを備えている。共振器7aには高周波（マイクロ波）を発生させることのできる電源6aが接続されており、共振器7aにマイクロ波を伝播させて共振させることにより、共振器7aからトーチ本体5に向けてマイクロ波を照射することができる。マイクロ波の周波数は、例えば2.4GHzとすると、一般に汎用性があるマイクロ波電源を電源6aとして用いることができるため、安定してマイクロ波を発生させやすく、好ましい。

#### 【0033】

このプラズマトーチ10aの場合も、各ポートP1, P2, P3, P4へ適宜ガスを導入した状態にて電源6aからマイクロ波を発生させ、共振器7aからマイクロ波を照射すると、トーチ本体5にマイクロ波の電界が発生し、ガスを導入した各ポートP1, P2, P3, P4からプラズマ火炎Fが発生する。

#### 【0034】

そして、このプラズマトーチ10aの場合も、各ポートP1, P2, P3, P4へのガスの導入の有無や導入量を調節することにより、発生するプラズマ火炎Fの大きさを調節することができるので、所望の加熱領域によりガラス体Gを加熱して良好な加工を行うことができる。

また、上記のプラズマトーチ10, 10aは、マルチポートへのガスの導入の有無や導入量の他に、印加する高周波の周波数やエネルギーを調節して、プラズマ火炎の強さや温度を調節することができる。

#### 【0035】

なお、上記のプラズマトーチ10, 10aでは、径の異なる円筒状のパイプ1, 2, 3, 4を同心円状に配設してトーチ本体5を構成したが、トーチ本体5の構造としては、上記の実施形態の例に限定されるものではない。

**【 0 0 3 6 】**

図 4 及び図 5 は、それぞれ他の構造のトーチ本体を示すものである。

図 4 に示すトーチ本体 5 a は、複数の断面矩形状のパイプ 1 a, 2 a, 3 a, 4 a を同心状に配設したもので、中央のパイプ 1 a の貫通孔及びパイプ 1 a, 2 a, 3 a, 4 a 同士の隙間が、それぞれポート P 1, P 2, P 3, P 4 とされている。トーチ本体 5 a は、このポート P 1, P 2, P 3, P 4 によりマルチポートが形成されている。

**【 0 0 3 7 】**

図 5 に示すトーチ本体 5 b は、一列に配設されたスリット状のポート P 1, P 2, P 3, P 4, P 5, P 6 によりマルチポートが形成されている。このトーチ本体 5 b を用いて長尺状のガラス体を加熱する場合には、ガラス体の長手方向に沿った方向にポート P 1, P 2, P 3, P 4, P 5, P 6 が並ぶように向きを調節すると良い。

**【 0 0 3 8 】**

そして、これらのトーチ本体 5 a, 5 b を用いる場合も、各ポートへのガスの導入の有無を調節することにより、発生するプラズマ火炎の大きさを調節することができ、加熱対象物や加熱条件に合わせた適切な大きさの加熱領域を形成することができる。

**【 0 0 3 9 】**

なお、トーチ本体に形成されたポートの層数としては、トーチ本体の開口面に沿った任意の一方向において、2 層から 6 層の範囲とすることが望ましい。

そして、トーチ本体のポートの層数を 2 層から 6 層の範囲にした場合、プラズマ火炎の大きさ、すなわち加熱領域を、2 段階から 6 段階の範囲にて調節することができる。

なお、ポートの層数が 6 層より多い場合には、高周波印加手段により印加した高周波が、中央に位置するポートまで十分に伝わりにくくなり、外側のポートと内側のポートとの間で発生したプラズマ火炎の強さに差が発生し易くなってしまうことが考えられる。

**【 0 0 4 0 】**

次に、上述したようなプラズマトーチを用いたガラス加工方法及びガラス加工装置について説明する。

図 6 は、ガラス加工装置を示す概略側面図である。図 7 は、ガラス加工装置の構成を説明する模式図である。図 8 は、ガラス加工装置によるガラス加工の様子を示す模式図である。

#### 【 0 0 4 1 】

図 6 に示すガラス加工装置 2 0 は、主に MCVD 法を行う際に用いられる装置である。

ガラス加工装置 2 0 は、両端付近に支持部 1 1 が立設された基台 1 2 を有している。支持部 1 1 は、それぞれ回動可能なチャック 1 3 を有しており、これらチャック 1 3 は、ガラス体であるガラスパイプ G の端部をそれぞれ把持し、ガラスパイプ G を水平に支持する。

チャック 1 3 によって支持されるガラスパイプ G の下方には、ガラスパイプ G を加熱するための上述したプラズマトーチ 1 0 が設けられている。

#### 【 0 0 4 2 】

このプラズマトーチ 1 0 は、支持レール 1 7 に装着された移動台 1 8 上に支持され、移動台 1 8 は、ラック・ピニオン機構により支持レール 1 7 の長手方向に沿って移動することができる。支持レール 1 7 と、ガラス体であるガラスパイプ G とは、それぞれの長手方向が平行になるように配設されている。

また、移動台 1 8 の上部には、3 軸ステージ 1 9 が備えられており、プラズマトーチ 1 0 は、この 3 軸ステージ 1 9 上に固定されている。すなわち、3 軸ステージ 1 9 のプラズマトーチ 1 0 は、移動台 1 8 の上で、ガラスパイプ G の軸方向、ガラスパイプ G の軸方向と直交する方向、ガラスパイプ G との距離方向（図中上下方向）に移動されることができる。また、本実施形態では 3 軸ステージ 1 9 を用いて 3 軸方向への移動を可能としているが、3 軸ステージ 1 9 を用いない場合には、少なくともプラズマトーチ 1 0 とガラスパイプ G との距離方向に移動できるような昇降機能を有したステージを用いると良い。

このように、プラズマトーチ 1 0 は、支持レール 1 7、3 軸ステージ 1 9 から構成された可動装置（可動手段） 2 1 によって水平面内及び垂直方向へ独立して



移動可能とされている。

また、支持部 11 には、一方側に、原料供給管 22 が接続され、他方側に排気管 23 が接続されている。

#### 【0043】

図 7 に示すように、プラズマトーチ 10 には、各ポート P1, P2, P3, P4 に導入するガスの流量を調整する流量調整手段である MFC (Mass Flow Controller) 31 が接続されている。そして、これら MFC 31 は、制御装置 (制御手段) 32 に接続されており、この制御装置 32 によってガスの流量が制御される。制御装置 32 は、高周波印加手段 8 の電源 6 及びプラズマトーチ 10 を移動させる可動装置 21 に対しても接続されており、これら電源 6 及び可動装置 21 も、制御装置 32 によって制御可能である。

#### 【0044】

また、ガラス加工装置 20 には、ガラスパイプ G の温度を検知する放射温度計 33 が設けられている。この放射温度計 33 は、温度分布計測装置 (温度分布計測手段) 34 を介して制御装置 32 に接続されている。

温度分布計測装置 34 は、放射温度計 33 からの検知信号に基づいて、ガラスパイプ G の温度分布を計測するもので、この計測した温度分布のデータが制御装置 32 に送信される。温度分布は、プラズマトーチ 10 によって加熱される加熱領域に対して、ガラスパイプ G の表面温度を長手方向に沿って計測されると良い。そのため、放射温度計 33 は、ガラスパイプ G の長手方向に沿った移動が可能となるように構成されており、プラズマトーチ 10 の移動に合わせて常時加熱領域におけるガラスパイプ G の温度を計測することができる。

#### 【0045】

制御装置 32 は、温度分布計測装置 34 から送信された温度分布のデータに基づいて、電源 6、可動装置 21 及び MFC 31 を制御することができる。

電源 6 を制御する場合には、その発生させる周波数やエネルギーの大きさを制御して、プラズマ火炎 F の強さや温度を調節することができる。

可動装置 21 を制御する場合には、ガラスパイプ G とプラズマトーチ 10 との相対位置を適切に調節して、所望の位置に加熱領域を形成することができる。ま

た、プラズマトーチ10とガラスパイプGとの距離を調節することにより、プラズマ火炎Fの強さや温度を変えずに、ガラスパイプGへの加熱温度を調節することができる。

MFC31を制御する場合には、所望のポートにガスを流してプラズマ火炎Fの大きさを調節できるほか、その流量を調節することによってプラズマ火炎の強さや温度を調節することができる。

#### 【0046】

次に、上記のガラス加工装置20によってMCVD法を実施してガラス体を加工し、光ファイバ母材を製造する方法について説明する。

図6及び図8に示すように、チャック13に支持したガラスパイプGを回転させ、このガラスパイプG内に原料供給管22から四塩化ケイ素( $\text{SiCl}_4$ )や四塩化ゲルマニウム( $\text{GeCl}_4$ )などのガラス材料に酸素( $\text{O}_2$ )を添加した混合ガスからなる原料ガスを送り込む。この状態において、プラズマトーチ10から所望の大きさのプラズマ火炎Fを発生させ、長手方向に複数回トラバースさせる。

#### 【0047】

これにより、プラズマトーチ10のプラズマ火炎FによってガラスパイプGが加熱され、加熱領域におけるガラスパイプGの内側でガラス微粒子( $\text{SiO}_2$ )が生成する。そして、ガラス微粒子は、熱泳動効果によって、原料ガスの流れの下流側におけるガラスパイプGの内周面に付着して堆積していく。その後、堆積したガラス微粒子はプラズマトーチ10のトラバースによって加熱されて透明化し、順次ガラス膜G1が形成される。

#### 【0048】

MCVD法においては、十分な加熱温度を与えてガラス微粒子の生成効率を向上させることと、ガラスパイプGの長手方向の温度勾配を積極的に設けて熱泳動効果を促進することにより、ガラス膜の堆積効率を向上させることが望まれる。そのため、MCVD法では、プラズマ火炎Fの温度を高くして、なおかつ加熱領域を狭くすると良い。

#### 【0049】

本実施形態では、制御装置 32 により、温度分布計測装置 34 からの温度分布データに基づいて、各 MFC 31 を制御し、マルチポートにおけるガスの導入範囲及び導入量を調整し、プラズマ火炎の大きさ及び強さを調節する。

もしくは、電源 6 または可動装置 21 を制御しても良い。

これにより、ガラスパイプ G は、急峻な温度勾配を有する温度分布にて加熱されることとなり、ガラス膜 G1 が効率的に形成される。

しかも、プラズマ火炎 F による加熱領域を狭くすると、大気中に含まれる微量の水分、金属不純物などがイオン化してガラスパイプ G に侵入及び拡散することを抑制することができる。

#### 【0050】

ガラスパイプ G 内にガラス膜 G1 を複数層にわたり堆積させた後には、再びプラズマトーチ 10 のプラズマ火炎 F によってガラスパイプ G を加熱し、縮径させて中実化させる。もしくは、ガラスパイプ G の中心にガラスロッドを挿入し、その後、プラズマ火炎 F によってガラスパイプ G を加熱して縮径させ、ガラスロッドと一体化させることで中実化する。

#### 【0051】

このとき、制御装置 32 は、温度分布計測装置 34 からの温度分布データに基づいて、再び MFC 31 を制御し、ガスの導入範囲又は導入量を調整し、プラズマ火炎 F の温度及び加熱領域を調整する。

この中実化させる工程においては、プラズマ火炎 F の温度を低くして、なおかつ加熱領域を広くすると良い。

これにより、ガラスパイプ G は、長手方向にわたって一様の割合で縮径が起こり、均一に中実化を図ることができる。

#### 【0052】

なお、上記の実施形態の例では、プラズマトーチ 10 の各ポート P1, P2, P3, P4 へのガスの導入を調整したが、ポート P1, P2, P3, P4 毎に異なるガスを導入し、加工を施すガラス体の外径や加工条件に応じて、温度分布が所望の分布となるように、導入するガスの種類を選択してプラズマ火炎の加熱領域や温度を調整しても良い。

## 【0053】

また、上記の実施形態の例では、ガラスパイプGの温度分布をフィードバックのパラメータとして、制御装置32がMFC31を制御してガスの導入範囲又は導入量を調整することで、プラズマ火炎Fの温度及び加熱領域を調節したが、用いるパラメータとしては、ガラスパイプGの温度分布のみに限定されない。

例えば、このパラメータとしては、プラズマトーチ10のトラバース毎に変化する可能性のあるガラスパイプGの外径もしくは内径、ガラス膜G1の膜厚、プラズマトーチ10のトラバース速度などを用いることができる。

また、制御装置32は、MFC31の他に、高周波印加手段8あるいは可動装置21を制御することにより、プラズマ火炎Fの温度や、ガラスパイプGに対するプラズマトーチ10の位置等を調節して、ガラスパイプGが所定の温度分布となるように制御しても良い。

## 【0054】

また、MFC31のガスの流量調整による温度分布の良好な制御性を得るために、プラズマトーチ10の各ポートP1、P2、P3、P4でのガスは、それぞれ層流もしくはこれに近い流れであることが好ましい。なお、この場合、ガスの流れのレイノルズ数としては、2000～3000の範囲内であることが好ましい。

## 【0055】

図9及び図10は、ガラス膜G1を堆積する工程において、大気中に含まれる微量の水分、金属不純物などのイオンがガラスパイプGへの侵入を確実に阻止することを図るガラス加工装置の模式図を示すものである。

## 【0056】

図9は、プラズマトーチ10とガラスパイプGの加熱領域のみを覆うカバー41を備えたものであり、図10は、プラズマトーチ10のプラズマ火炎FとガラスパイプGの全体を覆うカバー42を備えたものである。これらのカバー41、42は、必ずしもプラズマトーチ10の全体を覆う必要はなく、図10に示した例のように、少なくともプラズマ火炎Fを覆っていれば良い。

## 【0057】

カバー 4 1、4 2 には、ガス導入口 4 3 及びガス排出口 4 4 が設けられており、加熱加工時には、乾燥ガスが導入され、ガラスパイプ G の加熱領域周辺が、水分が少なく、かつ清浄な雰囲気に保持される。

乾燥ガスとしては、金属不純物の濃度が 1 ppm 以下とされた、例えば、窒素、アルゴン又はヘリウムなどの清浄の不活性ガスが好ましい。また、この乾燥ガスは、その露点が 0℃ 以下であることが望ましいが、露点が - 5 0℃ 以下であるとさらに好ましい。

#### 【 0 0 5 8 】

そして、このような構造のガラス加工装置によれば、プラズマ火炎 F の周辺の雰囲気から水分や不純物を除去することができ、ガラス膜 G 1 の堆積工程時におけるガラスパイプ G 内への不純物イオンの侵入を確実に防止することができる。

また、ガラス加工装置 2 0 による光ファイバ母材の製造時に、プラズマトーチ 1 0 へ導入するガスを上記のように低露点（0℃ 以下、好ましくは - 5 0℃ 以下）の乾燥ガスとすることにより、ガラスパイプ G への水分の侵入をさらに確実に防止することができる。

#### 【 0 0 5 9 】

なお、上記の実施形態の例では、プラズマトーチ 1 0 を備えたガラス加工装置 2 0 によって、ガラス体を MCVD 法により加工する場合を説明したが、本発明に係るガラス加工方法及びガラス加工装置は、MCVD 法の工程のみならず、例えば、ガラスロッドやガラスパイプ同士の接続加工、光ファイバ母材などのガラス体の延伸工程、火炎研磨加工等の各種のガラス加工に好適に用いることができる。

#### 【 0 0 6 0 】

図 1 1 は、プラズマトーチ 1 0 によってガラス体であるガラスロッド G 2、G 2 a を接続加工する例を示すものである。このように、ガラスロッド G 2、G 2 a を相互に接続する場合は、ガラスロッド G 2 の接続端面をプラズマトーチ 1 0 のプラズマ火炎 F によって加熱して軟化させ、互いに突き合わせる。

#### 【 0 0 6 1 】

図 1 2 は、プラズマトーチ 1 0 によってガラス体であるガラスロッド G 3 を延

伸加工する例を示すものである。このように、ガラスロッドG3を延伸させる場合は、ガラスロッドG3を軸周りに回転させながら、プラズマトーチ10のプラズマ火炎Fによって加熱して所定の引っ張り力によって引っ張る。

#### 【0062】

図13は、プラズマトーチ10によってガラス体であるガラスロッドG4を火炎研磨加工する例を示すものである。このように、ガラスロッドG4を火炎研磨する場合は、ガラスロッドG4を軸周りに回転させながら、プラズマトーチ10のプラズマ火炎Fによって長手方向に沿って加熱する。これにより、ガラスロッドG4の表面のガラス層を気化させて、微小な傷や歪み、さらには付着した異物を取り除くことができる。

#### 【0063】

そして、上記のプラズマトーチ10によれば、上記のような接続加工、延伸加工あるいは火炎研磨加工する場合にも、ガラス体の外径や長手方向で必要な加熱長さに合わせてプラズマ火炎の加熱領域を調節することにより、これらの加工を、不純物イオンの侵入を抑えつつ良好に行うことができる。

特に、接続加工の場合、その接続箇所のみを効率良く的確に加熱して接続することにより、ガラスロッドへの不純物イオンの侵入を大幅に抑制することができる。

#### 【0064】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るプラズマトーチ、ガラス加工方法及びガラス加工装置によれば、各ポートへのガスの導入を調節することにより、発生するプラズマ火炎の加熱領域を調節することができるので、加工するガラスパイプなどのガラス体の径や加工条件に合わせてプラズマ火炎の加熱領域の大きさを最適化して良好なガラス加工を行うことができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明に係るプラズマトーチの構成を示す概略構成図である。

##### 【図2】

図 1 に示したプラズマトーチを構成するトーチ本体の正面図である。

【図 3】

共振器を備えたプラズマトーチを示す概略構成図である。

【図 4】

角筒を多重形状としたトーチ本体の正面図である。

【図 5】

ポートが一行に並列されたトーチ本体の正面図である。

【図 6】

本発明に係るガラス加工装置を示す側面図である。

【図 7】

ガラス加工装置の構成を示す概略構成図である。

【図 8】

MCVD 法によるガラス加工の様子を示す模式図である。

【図 9】

加工部分をカバーで覆った MCVD 法によるガラス加工の様子を示す模式図である。

【図 10】

加工部分とガラス体をカバーで覆った MCVD 法によるガラス加工の様子を示す模式図である。

【図 11】

本発明のガラス加工方法に係るガラスロッドの接続加工の様子を示す模式図である。

【図 12】

本発明のガラス加工方法に係るガラスロッドの延伸加工の様子を示す模式図である。

【図 13】

本発明のガラス加工方法に係るガラスロッドの火炎研磨加工の様子を示す模式図である。

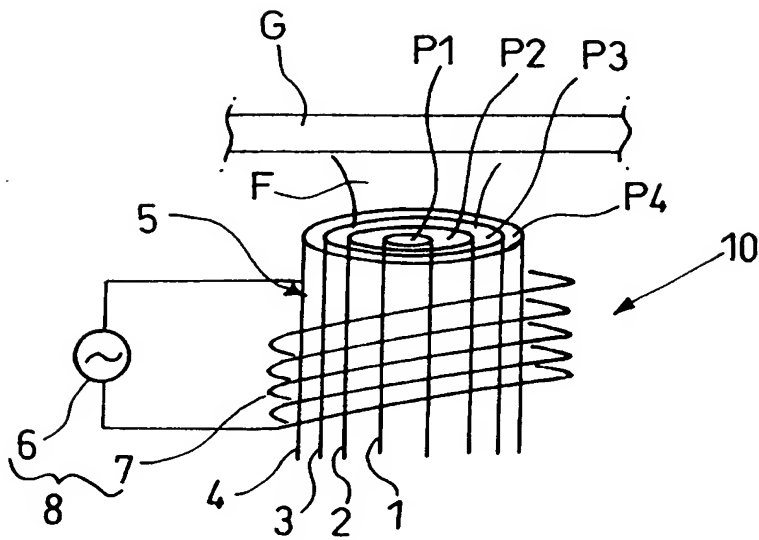
【符号の説明】

- 1, 2, 3, 4 パイプ
- 5 トーチ本体
- 6, 6 a 電源
- 7 コイル
- 7 a 共振器
- 8 高周波印加手段
- 1 0 プラズマトーチ
- 2 0 ガラス加工装置
- 2 1 可動装置 (可動手段)
- 3 1 M F C (流量調整手段)
- 3 2 制御装置 (制御手段)
- 3 4 温度分布計測装置 (温度分布計測手段)
- F プラズマ火炎
- G ガラスパイプ (ガラス体)
- P 1 ~ P 6 ポート

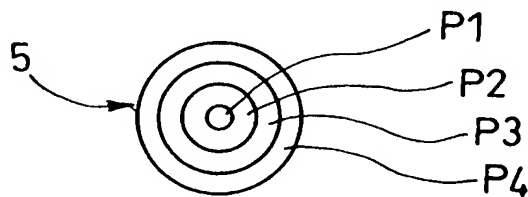


【書類名】 図面

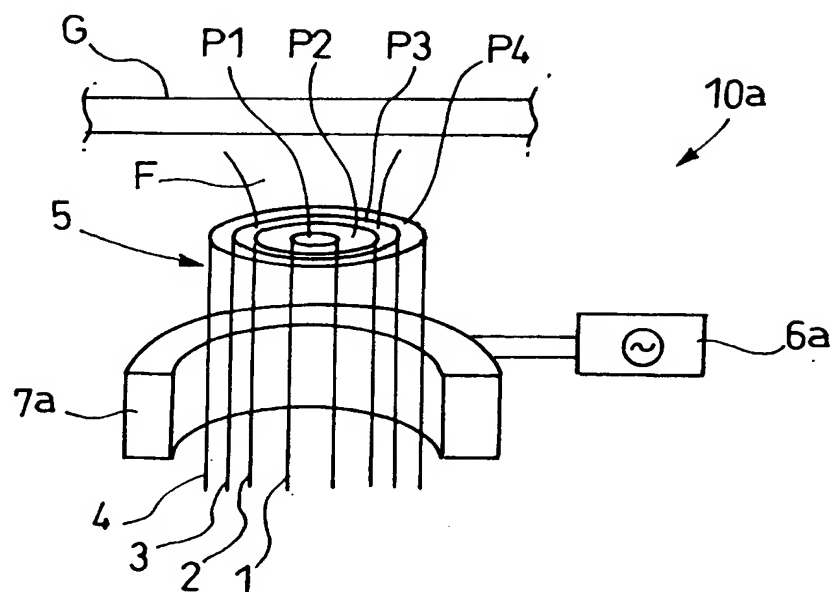
【図 1】



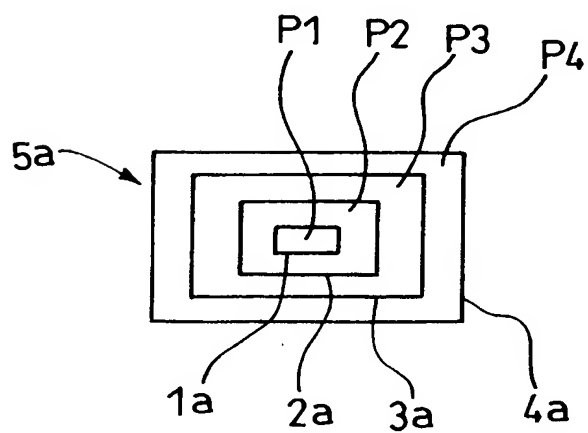
【図 2】



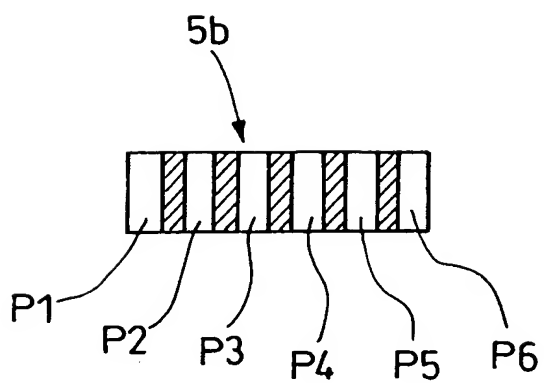
【図 3】



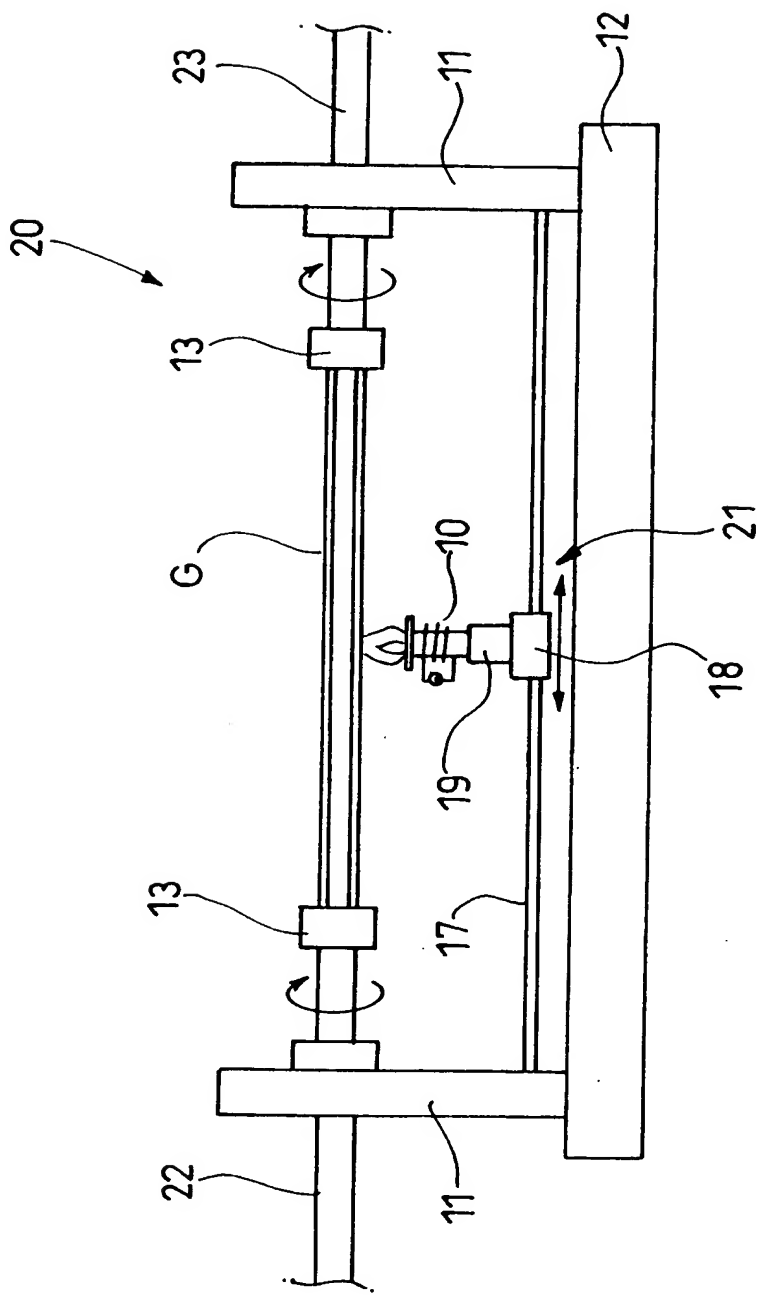
【図 4】



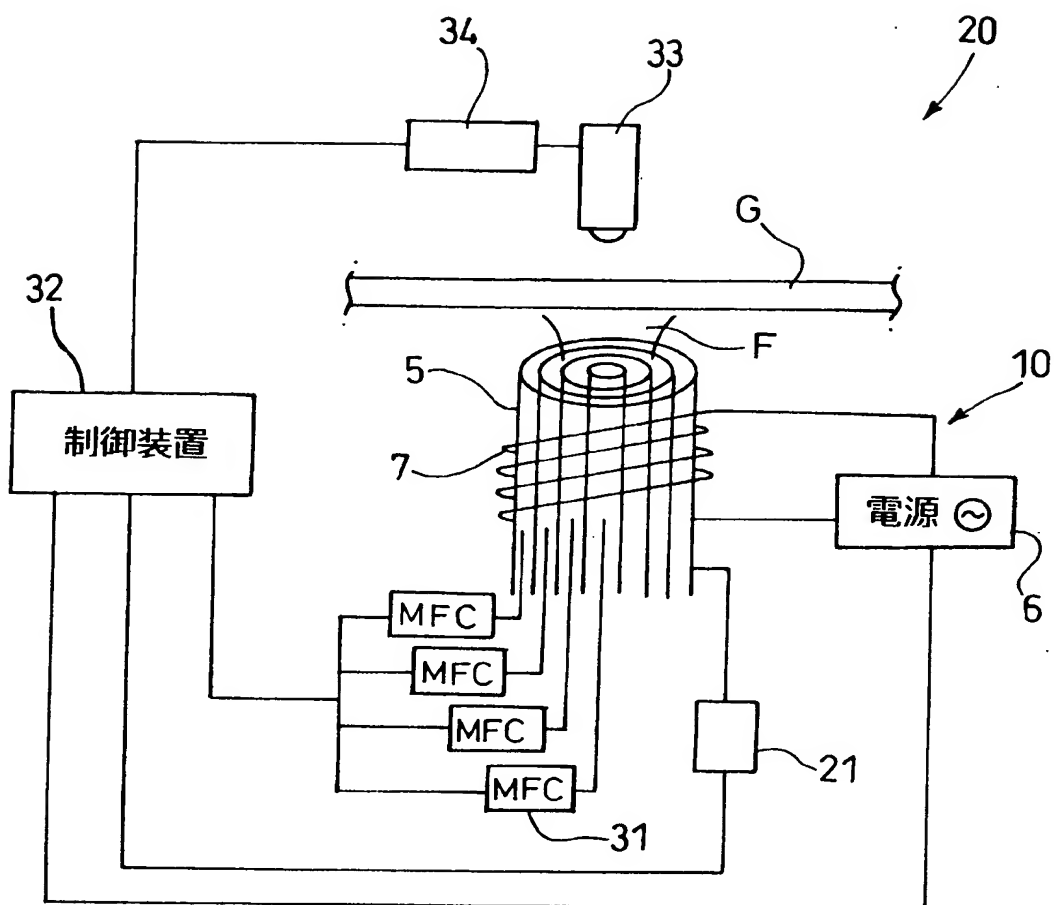
【図 5】



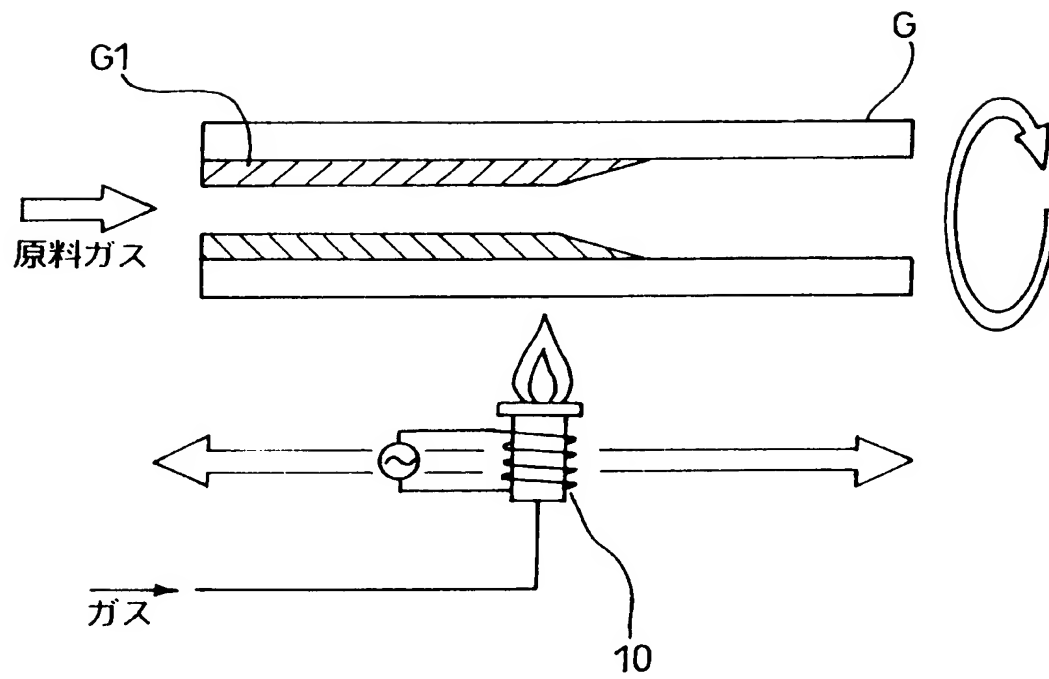
【図 6】



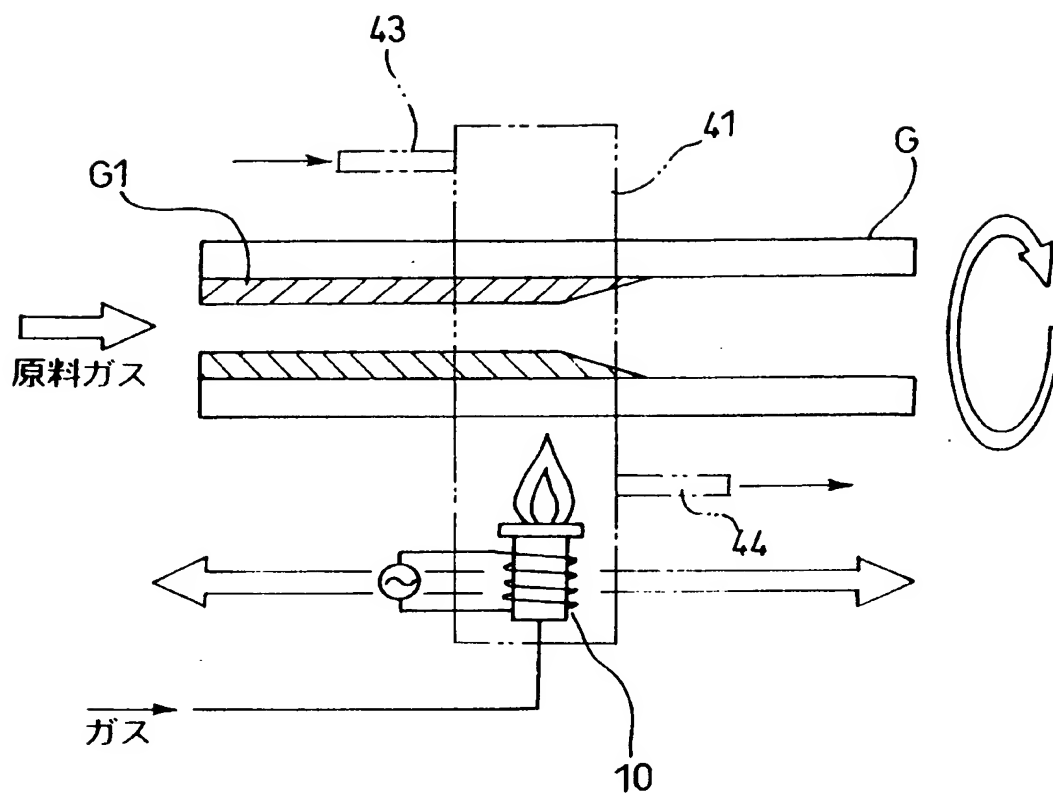
【図 7】



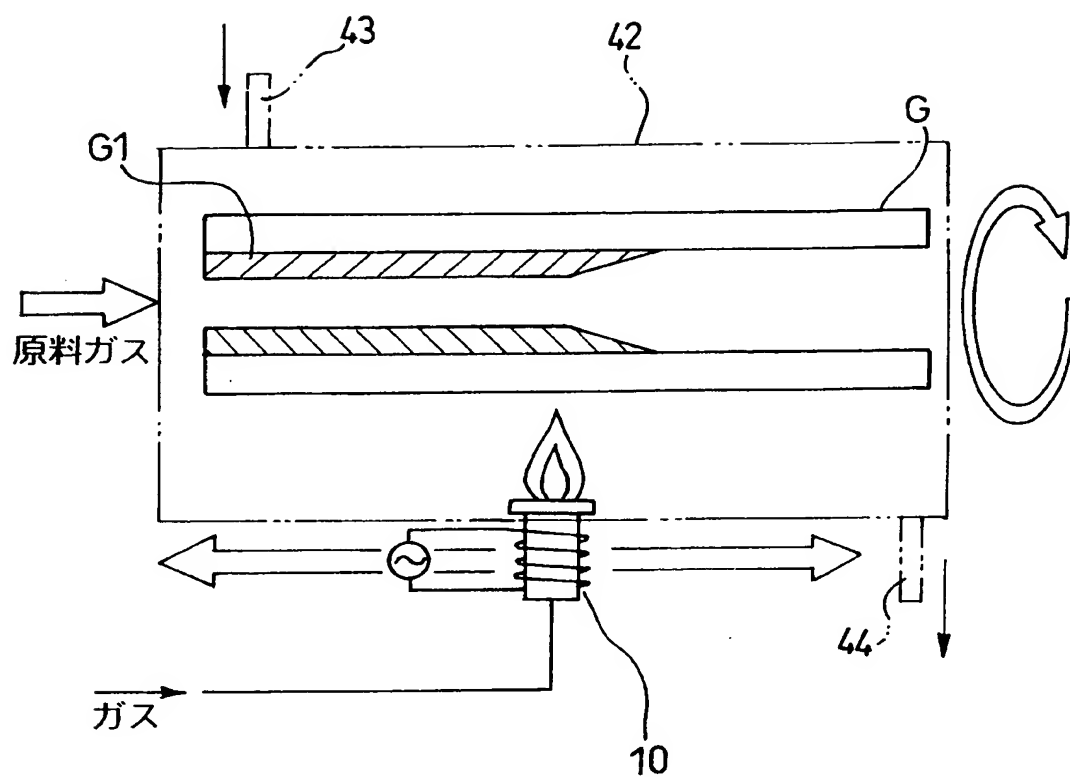
【図 8】



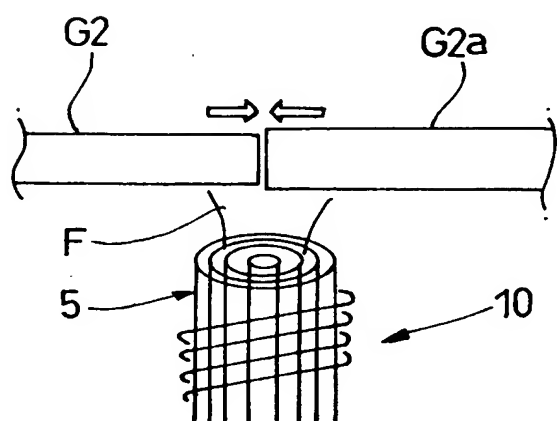
【図 9】



【図 10】

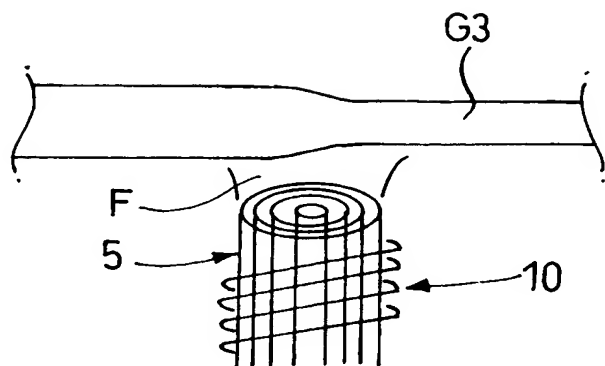


【図 11】

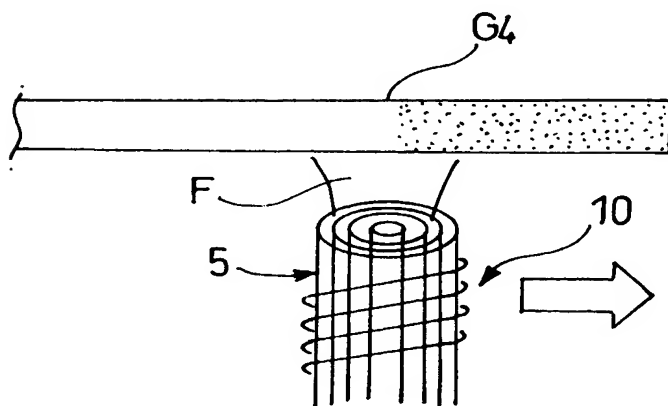




【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 加工するガラス体に対する最適な加熱領域の形成を図り、ガラス体を良好に加工する。

【解決手段】 本発明のガラス加工装置 2 0 は、ガスを吹き出す範囲を調節可能な複数のポート P 1, P 2, P 3, P 4 からなるマルチポートを備えたトーチ本体 5 と、トーチ本体 5 に導入されたガスに対して高周波を印加する電源 6 と、トーチ本体 5 へ導入するガスの流量をそれぞれ調整することによりマルチポートから発生させるプラズマ火炎の大きさを調節する M F C 3 1 とが設けられている。

このガラス加工装置 2 0 により M C V D 法を行う際には、ガラスパイプ G 内に原料ガスを導入し、プラズマトーチ 1 0 からガラスパイプ G に向けて、大きさを調節したプラズマ火炎 F を発生させるとともに、プラズマトーチ 1 0 をガラスパイプ G の長手方向にトラバースさせる。そして、ガラスパイプ G の内側にガラス微粒子を堆積させてガラス膜 G 1 を形成する。

【選択図】 図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 5 6 1 4 9
受付番号	5 0 3 0 0 3 4 3 8 1 2
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0 0 9 3
作成日	平成 1 5 年 3 月 1 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 3月 3日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 5 6 1 4 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社